

INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation ⁴ : B23K 26/14		A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 88/04592 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 30. Juni 1988 (30.06.88)		
(21) Internationales Aktenzeichen:	PCT/EP87/00790	(81) Bestimmungsstaaten: AT (europäisches Patent), BE (europäisches Patent), CH (europäisches Patent), DE (europäisches Patent), FR (europäisches Patent), GB (europäisches Patent), IT (europäisches Patent), JP, LU (europäisches Patent), NL (europäisches Patent), SE (europäisches Patent), US.			
(22) Internationales Anmeldedatum:	16. Dezember 1987 (16.12.87)				
(31) Prioritätsaktenzeichen:	P 36 43 284.9	(23) Prioritätsdatum:	18. Dezember 1986 (18.12.86)		
(33) Prioritätsland:	DE	(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): AESCULAP-WERKE AG [DE/DE]; Möhringer Straße 125, D-7200 Tuttlingen (DE).			
(72) Erfinder; und		(72) Erfinder; und			
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): WROBEL, Walter-Gerhard [DE/DE]; Stuttgarter Straße 47, D-7200 Tuttlingen (DE).		(74) Anwalt: BÖHME, Ulrich; Höger, Stellrecht & Partner, Uhlandstraße 14c, D-7000 Stuttgart 1 (DE).			
(54) Title: PROCESS AND DEVICE FOR CUTTING MATERIALS WITH A LASER BEAM		(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM SCHNEIDEN EINES MATERIALS MITTELS EINES LASERSTRAHLES			
(57) Abstract					
In order to avoid accidental injuries of the operator or damage to the material being cut by means of a laser beam, a process is disclosed by which a compact jet of a liquid transparent to laser radiation is generated immediately before the outlet of the laser radiation from a light guide and directed towards the material to be cut. A device for implementing this process is also disclosed.					
(57) Zusammenfassung					
Um bei einem Verfahren zum Schneiden eines Materials mittels eines Laserstrahles eine unbeabsichtigte Verletzung der Bedienungsperson oder des zu schneidenden Materials zu vermeiden, wird vorgeschlagen, daß man vor der Austrittsstelle der Laserstrahlung aus einem Lichtleiter einen unmittelbar an diesen anschließenden, kompakten Strahl einer für die Laserstrahlung durchlässigen Flüssigkeit erzeugt und diesen Strahl auf das zu schneidende Material richtet. Ferner wird eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens vorgeschlagen.					

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Code, die zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AT	Österreich	FR	Frankreich	MR	Mauritanien
AU	Australien	GA	Gabun	MW	Malawi
BB	Barbados	GB	Vereinigtes Königreich	NL	Niederlande
BE	Belgien	HU	Ungarn	NO	Norwegen
BG	Bulgarien	IT	Italien	RO	Rumänien
BJ	Benin	JP	Japan	SD	Sudan
BR	Brasilien	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SE	Schweden
CF	Zentrale Afrikanische Republik	KR	Republik Korea	SN	Senegal
CG	Kongo	LI	Liechtenstein	SU	Soviet Union
CH	Schweiz	LK	Sri Lanka	TD	Tschad
CM	Kamerun	LU	Luxemburg	TG	Togo
DE	Deutschland, Bundesrepublik	MC	Monaco	US	Vereinigte Staaten von Amerika
DK	Dänemark	MG	Madagaskar		
FI	Finnland	ML	Mali		

- 1 -

B e s c h r e i b u n g

Verfahren und Vorrichtung zum Schneiden eines Materials mittels eines Laserstrahles

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Schneiden eines Materials mittels eines Laserstrahles sowie eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens mit einem Lichtleiter für Laserstrahlung, der unter Ausbildung einer Austrittsstelle endet.

Laserstrahlung wird in vielfältiger Weise zum Schneiden eines Materials verwendet, beispielsweise bei der Kunststoffbearbeitung oder in biologischen und chirurgischen Verfahren zum Trennen von Gewebe, wobei bei chirurgischen Verfahren neben der Trennung gleichzeitig auch eine Koagulation im Schnittstellenbereich erreicht wird.

Bei all diesen Verfahren besteht die Gefahr einer Verlet-

- 2 -

zung an dem aus dem Laserkopf austretenden Laserstrahl, außerdem können sich Beschädigungen des zu schneidenden Materials im Schnittbereich ergeben.

Aus der japanischen Offenlegungsschrift 61 185 260 ist ein Laser bekannt, bei dem die Strahlung nicht unmittelbar aus einer Glasfaser abgegeben wird, sondern aus einer konisch zulaufenden Spitze, in die die Strahlung aus einem Lichtleiter eingekoppelt wird. Die konische Spitze wird von Wasser umspült, um daran haftende Gewebeteilchen zu entfernen. Da aus einer konischen Spitze die Lichtstrahlung unter einem sehr großen Winkel austritt, wird der größte Teil der Strahlung am spitzen Ende der bekannten Anordnung durch die oberflächliche Wasserschicht hindurch abgestrahlt, so daß in der Umgebung der Spitze eine erhebliche Verletzungsgefahr durch Strahlung entsteht, die unter einem Winkel austritt.

Es ist Aufgabe der Erfindung, ein gattungsgemäßes Verfahren derart zu verbessern, daß unbeabsichtigte Verletzungen an der Laserstrahlung sowie eine ungewollte Beschädigung des Materials im Schnittstellenbereich vermieden wird.

Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren der eingangs beschriebenen Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß man vor der Austrittsstelle der Laserstrahlung aus einem Lichtleiter einen unmittelbar an diesen anschließenden, kompakten Strahl einer für die Laserstrahlung durchlässigen Flüssigkeit erzeugt und diesen Strahl auf das zu schneidende Material richtet. Es hat sich herausgestellt, daß die Laserstrahlung in dem sich unmittelbar an das Austrittsende des Lichtleiters anschließenden Flüssigkeitsstrahl eintritt und in diesem nach Art eines Lichtleiters weitgehend verlustfrei geführt wird. Durch den Unterschied der Brechungsindices der Flüssigkeit gegenüber der umgebenden Luft tritt auch hier Totalreflexion an der Grenzfläche auf, so daß der Flüssigkeitsstrahl die Laserstrahlung bis in den Auftreffbereich des Flüssigkeitsstrahles auf dem zu bearbeitenden Material

- 3 -

führt. Dort kann die Laserstrahlung in vollem Umfange wirksam werden. Die Flüssigkeit umspült dabei die Bearbeitungsstelle und kühlt diese. Neben dieser Kühl- und Spülwirkung ist von besonderem Vorteil, daß die Flüssigkeit bei der Materialbearbeitung entstehende Dämpfe und Gerüche binden kann.

Die Laserstrahlung wird bei diesem Verfahren entweder von dem Flüssigkeitsstrahl geführt, teilweise absorbiert und, falls sich dieser in Tropfen auflöst, von den Tropfen stark gestreut oder im Gewebe absorbiert. In keinem Fall kein ein freier, gebündelter Laserstrahl unbeabsichtigt austreten und Verletzungen hervorrufen.

Es ist besonders vorteilhaft, wenn man einen Lichtleiter, aus dessen Stirnfläche die Laserstrahlung austritt, im Bereich der Austrittsstelle allseitig von einem im Querschnitt ringförmigen, an der Außenwand des Lichtleiters anliegenden Flüssigkeitsstrahl umströmt. Ein solcher Flüssigkeitsstrahl kühlte einerseits den Lichtleiter im Austrittsbereich, andererseits schließt er sich unter Ausbildung eines kompakten Strahles unmittelbar an die Austrittsstelle des Lichtleiters an, so daß die Laserstrahlung in diesem kompakten Flüssigkeitsstrahl weitergeführt werden kann.

Es ist vorteilhaft, wenn man die Flüssigkeitsmenge so wählt, daß der Querschnitt des Flüssigkeitsstrahls stromabwärts des Wellenleiters etwa dem Querschnitt des Wellenleiters entspricht.

Besonders einfach gestaltet sich dieses Verfahren, wenn man als Flüssigkeit Wasser verwendet. Die Extinktionslängen in Wasser betragen bei einer Wellenlänge von 1.06 μm 90 mm und sind im sichtbaren Bereich noch weit größer.

- 4 -

Durch geeignete Strömungsführung lässt sich ein laminarer, kompakter Flüssigkeitsstrahl erzeugen, der sich bis zu einer Länge von etwa 30 mm nicht in Tropfen auflöst. Man erhält somit einen Flüssigkeitslichtleiter mit einer Länge von etwa 3 cm, so daß der Laserkopf in einem Abstand bis zu 3 cm über dem zu bearbeitenden Werkstoff geführt werden kann.

Der Erfindung liegt weiterhin die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens anzugeben.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Vorrichtung der eingangs beschriebenen Art gelöst, die gekennzeichnet ist durch einen unmittelbar an die Austrittsstelle anschließenden, kompakten Flüssigkeitsstrahl erzeugende Einrichtung.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, daß der Wellenleiter im Bereich der Austrittsstelle von einem ringförmigen Austrittsspalt für die Flüssigkeit umgeben ist.

Die nachfolgende Beschreibung einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung dient im Zusammenhang mit der Zeichnung der näheren Erläuterung. Die Zeichnung zeigt eine Schnittdarstellung eines Laserkopfes mit einem sich daran anschließenden Flüssigkeitsstrahl.

Der in der Zeichnung dargestellte Laserkopf umfaßt einen zylindrischen Lichtleiterkern 1, der beispielsweise aus Quarzglas besteht. Er endet an einer senkrecht zur Längsrichtung ange-

- 5 -

ordneten Stirnfläche 2.

Der Lichtleiterkern 1 wird zunächst umgeben von einer Beschichtung 3 (Cladding), die sich ebenso wie ein die Beschichtung 3 umgebender Mantel 4 längs des gesamten Lichtleiterkerns 1 erstreckt, wobei jedoch Mantel 4 und Beschichtung 3 im Bereich vor der Stirnfläche 2 entfernt sind.

Auf das Ende des Mantels 4 ist eine Ringdüse 5 aufgeschraubt, auf die das freie Ende eines Schlauches 6 aufgeschoben ist, der den von Beschichtung 3 und Mantel 4 umgebenen Lichtleiterkern 1 im Abstand umgibt und zwischen dem Mantel 4 und sich selbst einen Ringkanal 7 ausbildet. Die Ringdüse 5 weist an ihrem dem Ringkanal 7 zugewandten Ende mehrere Längsschlitte 8 auf, die sich etwa über die Hälfte der Ringdüsenlänge erstrecken.

Über diese Längsschlitte 8 steht der Ringkanal 7 mit dem Innenraum 9 der Ringdüse 5 in Verbindung. Die Wand 10 der Ringdüse 5 umgibt den Lichtleiterkern 1 im Abstand und bildet mit diesem einen Ringspalt 12 aus. Im Bereich dieses Ringspaltes 12 sind Beschichtung 3 und Mantel 4 vom Lichtleiterkern 1 entfernt, so daß der Ringspalt 12 unmittelbar an den Lichtleiterkern 1 angrenzt. Der Lichtleiterkern 1 steht dabei lediglich wenige Millimeter über das stromabwärtige Ende der Ringdüse hervor.

Im Betrieb wird durch den Ringkanal 7 eine Spülflüssigkeit in Richtung der in der Zeichnung angegebenen Pfeile hindurchgeleitet, beispielsweise Wasser. Diese Spülflüssigkeit umgibt den Lichtleiterkern 1 im Bereich des Ringspaltes 12 allseitig und strömt an dem Lichtleiterkern 1 entlang. Im Bereich der Stirn-

- 6 -

fläche 2 vereinigt sich die ringförmige Strömung zu einem kompakten Flüssigkeitsstrahl 13, der sich unmittelbar an die Stirnfläche 2 anschließt und bei entsprechender Flüssigkeitsdosierung etwa denselben Querschnitt aufweist wie der Lichtleiter 1.

Dieser kompakte Strahl 13 wird auf ein zu schneidendes Material 14 gerichtet.

Durch den Lichtleiterkern 1 über die Stirnfläche 2 austretende Strahlung eines in der Zeichnung nicht dargestellten Lasers gelangt unmittelbar in den sich an den Lichtleiterkern 1 anschließenden Strahl 13 und wird in diesem nach der Art eines Lichtleiters zu der Stelle geführt, an der der Strahl 13 auf das Material 14 auftrifft. In diesem Bereich wird die Laserstrahlung freigesetzt und in dem umgebenden Material absorbiert, so daß dieses Material dadurch geschnitten und bei Verwendung eines biologischen Materials eventuell auch koaguliert wird. Die Auftreffsstelle der Laserstrahlung wird durch die Flüssigkeit gleichzeitig gekühlt und gespült, entstehende Dämpfe und Gerüche werden absorbiert.

Wenn als Flüssigkeit Wasser verwendet wird, ergeben sich auch beim Übergang aus dem aus Quarzglas bestehenden Lichtleiter in das Wasser praktisch keine Verluste, so daß in dem Wasser-Lichtleiter die Strahlung weitgehend verlustfrei über eine kurze Strecke geführt werden kann, die beispielsweise in der Größenordnung von 3 cm liegt. Diese Länge wird dadurch begrenzt, daß der Strahl nach einer bestimmten Wegstrecke in Tropfen aufgespalten wird. Es tritt dann eine Streuung ein,

- 7 -

die die Übertragung eines gerichteten Lichtstrahles unmöglich macht.

Neben den bereits beschriebenen Vorteilen ergibt sich durch den Flüssigkeitsstrahl auch eine gleichzeitige Kühlung des Lichtleiterkerns 1 sowie eine Freispülung desselben, so daß eine Verschmutzung und ein Schmelzen der Stirnfläche 2 nicht eintreten kann.

- 8 -

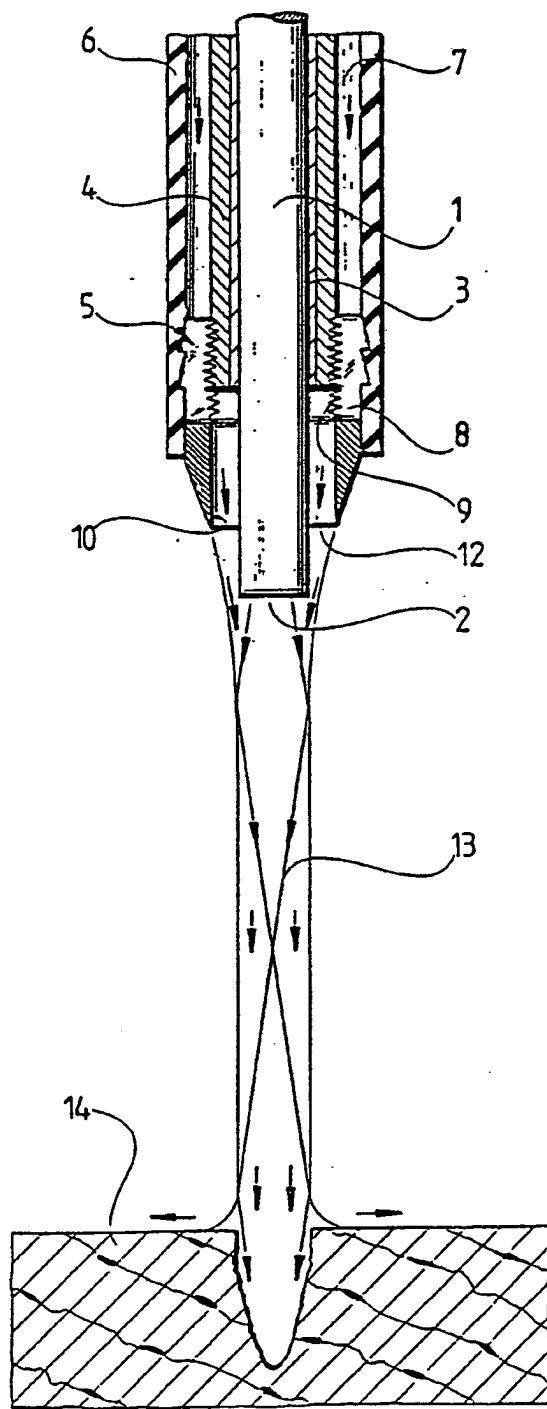
P a t e n t a n s p r ü c h e :

1. Verfahren zum Schneiden eines Materials mittels eines Laserstrahles,
dadurch gekennzeichnet, daß man vor der Austrittsstelle der Laserstrahlung aus einem Lichtleiter einen unmittelbar an diesen anschließenden, kompakten Strahl einer für die Laserstrahlung durchlässigen Flüssigkeit erzeugt und diesen Strahl auf das zu schneidende Material richtet.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß man einen Lichtleiter, aus dessen Stirnfläche die Laserstrahlung austritt, im Bereich der Austrittsstelle allseitig von einem im Querschnitt ringförmigen, an der Außenwand des Lichtleiters anliegenden Flüssigkeitsstrahl umströmt.

- 9 -

3. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß man als Flüssigkeit Wasser oder wässrige Lösungen verwendet.
4. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens der Patentansprüche 1 bis 3 mit einem Lichtleiterkern für Laserstrahlung, der unter Ausbildung einer Austrittsstelle endet, gekennzeichnet durch eine einen unmittelbar an die Austrittsstelle (Stirnfläche 2) anschließenden kompakten Flüssigkeitsstrahl (13) erzeugende Einrichtung (5, 12).
5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Lichtleiterkern (1), im Bereich der Austrittsstelle (Stirnfläche 2) von einem ringförmigen Austrittsspalt (12) für die Flüssigkeit umgeben ist.

1/1



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No PCT/EP 87/00790

I. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER (if several classification symbols apply, indicate all) *

According to International Patent Classification (IPC) or to both National Classification and IPC

Int.Cl⁴ B 23 K 26/14

II. FIELDS SEARCHED

Minimum Documentation Searched ?

Classification System	Classification Symbols
Int.Cl ⁴	B 23 K

Documentation Searched other than Minimum Documentation
to the Extent that such Documents are Included in the Fields Searched *

III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT*

Category *	Citation of Document, ¹¹ with indication, where appropriate, of the relevant passages ¹²	Relevant to Claim No. ¹³
X	US, A, 3843865 (G. NATH) 22 October 1974, see column 2, lines 46-68; column 4, lines 10-47; column 6, lines 16-27; figures 1-3; claims 1,2,15,20,28 --	1,2
A	GB, A, 2064399 (LASER WORK AG) 17 June 1981 see page 2, lines 2-13; page 2, lines 82-119; figures 1,3,4 --	1-5
A	US, A, 4550240 (MASAHIRO TOIDA et al.) 29 October 1985 see column 3, lines 42-57; figure 1 -----	1,2

* Special categories of cited documents:¹⁰

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

IV. CERTIFICATION

Date of the Actual Completion of the International Search

28 March 1988 (28.03.88)

Date of Mailing of this International Search Report

25 April 1988 (25.04.88)

International Searching Authority

EUROPEAN PATENT OFFICE

Signature of Authorized Officer

ANNEX TO THE INTERNATIONAL SEARCH REPORT
ON INTERNATIONAL PATENT APPLICATION NO.

EP 8700790

SA 19961

This annex lists the patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned international search report.
The members are as contained in the European Patent Office EDP file on 18/04/88.
The European Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information.

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)		Publication date
US-A- 3843865	22-10-74	DE-A, C	2145921	22-03-73
GB-A- 2064399	17-06-81	FR-A, B	2469975	29-05-81
		DE-A-	3037981	04-06-81
		US-A-	4324972	13-04-82
		CH-A-	642891	15-05-84
		DE-U-	8026897	17-09-81
US-A- 4550240	29-10-85	JP-A-	59054488	29-03-84

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen PCT/EP 87/00790

I. KLASSEFIKATION DES ANMELDUNGSGEGENSTANDS (bei mehreren Klassifikationsymbolen sind alle anzugeben) ⁶ Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
Int Cl. 4 B 23 K 26/14		
II. RECHERCHIERTE SACHGEBIETE		
Recherchierte Mindestprüfstoff ⁷		
Klassifikationssystem	Klassifikationsymbole	
Int Cl 4	B 23 K	
Recherchierte nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Sachgebiete fallen ⁸		
III. EINSCHLÄGIGE VERÖFFENTLICHUNGEN⁹		
Art*	Kennzeichnung der Veröffentlichung ¹¹ , soweit erforderlich unter Angabe der maßgeblichen Teile ¹²	Betr. Anspruch Nr. ¹³
X	US, A, 3843865 (G. NATH) 22. Oktober 1974 siehe Spalte 2, Zeilen 46-68; Spalte 4, Zeilen 10-47; Spalte 6, Zeilen 16-27; Abbildungen 1-3; Ansprüche 1,2,15,20,28 --	1,2
A	GB, A, 2064399 (LASER WORK AG) 17. Juni 1981 siehe Seite 2, Zeilen 2-13; Seite 2, Zeilen 82-119; Abbildungen 1,3,4 --	1-5
A	US, A, 4550240 (MASAHIRO TOIDA et al.) 29. Oktober 1985 siehe Spalte 3, Zeilen 42-57; Abbildung 1 -----	1,2
<p>* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen¹⁰: "A" Veröffentlichung, die dem allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfahrung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfahrung kann nicht als neu oder auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfahrung kann nicht als auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist</p>		
IV. BESCHEINIGUNG		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts	
28. März 1988	25 APR 1988	
Internationale Recherchenbehörde		
Europäisches Patentamt		
 Unterschrift des bevollmächtigten Bediensteten P.C.G. VAN DER PUTTEN		

**ANHANG ZUM INTERNATIONALEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE INTERNATIONALE PATENTANMELDUNG NR.**

EP.8700790
SA 19961

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten internationalen Recherchenbericht angeführten Patendokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am 18/04/88.
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

Im Recherchenbericht angeführtes Patendokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US-A- 3843865	22-10-74	DE-A,C	2145921	22-03-73
GB-A- 2064399	17-06-81	FR-A,B	2469975	29-05-81
		DE-A-	3037981	04-06-81
		US-A-	4324972	13-04-82
		CH-A-	642891	15-05-84
		DE-U-	8026897	17-09-81
US-A- 4550240	29-10-85	JP-A-	59054488	29-03-84